

## PEMBUATAN PROGRAM PERANCANGAN TURBIN SAVONIUS TIPE-U UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ANGIN

**Novri Tanti, Arnetto Alditihan**

Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung  
Gedung H Fakultas Teknik, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro No. 1  
Bandar Lampung, 35145 Telp: (0721) 3555519 Fax: (0721) 704947  
e-mail : novri\_t@unila.ac.id

### **Abstract**

*The Savonius Wind Turbine is a drag type vertical axis wind turbine, and it operates by cupping and dragging the wind, causing the rotor to turn and generate electricity. The Savonius Wind Turbine usually has about two or three scoops or cups to catch the wind. The design allows the turbine to rotate relatively slowly, however, there is a high torque yielded from the rotation.*

*On this research, the wind turbine Savonius type-U is designed using Matlab 7.0 with the design process starts from the needs of electrical power 100 watts and 12 volt electrical voltage and wind speed 8 m/s so obtained what is the magnitude and width of the radius of the wind turbine*

**Keywords:** wind, turbine, electrical power.

### **PENDAHULUAN**

Energi merupakan bagian penting dalam kehidupan masyarakat karena hampir semua aktivitas manusia selalu membutuhkan energi, misalnya untuk penerangan, proses industri, untuk menggerakkan kendaraan baik roda dua maupun empat, serta masih banyak peralatan di sekitar kehidupan manusia yang memerlukan energi. Namun sayang, pemenuhan energi di Indonesia masih didominasi oleh energi fosil yang berupa minyak bumi, batubara dan gas bumi.

Di Indonesia, salah satu potensi energi terbarukan yang tersedia melimpah dan ada sepanjang tahun adalah energi angin. Angin sebenarnya sangat berpotensi sebagai energi alternatif pembangkit tenaga listrik, bahkan di sebagian besar negara maju di Eropa dan Amerika Serikat telah lama dimanfaatkan, dan terus dikembangkan hingga saat ini. Menurut data dari *American Wind Energy Association* (AWEA), hingga saat ini telah ada sekitar 20.000 turbin angin diseluruh dunia yang dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik. Kebanyakan turbin semacam itu dioperasikan di lahan khusus yang disebut "ladang angin" (wind farm).

Berdasarkan data LAPAN (Daryanto, et al., 2005), angin di Indonesia memiliki

kecepatan yang bervariasi tergantung pada letak geografisnya. Umumnya kecepatan angin di Indonesia dapat terbagi menjadi dua kategori, pada dataran rendah terkategori angin berkecepatan rendah hingga angin berkecepatan sedang, sedangkan untuk dataran tinggi dan pesisir pantai terkategori dalam angin berkecepatan sedang hingga tinggi.

### **TINJAUAN PUSTAKA**

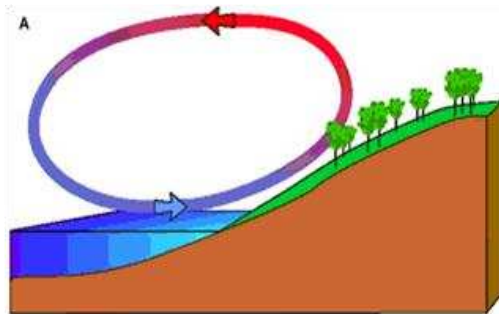
#### **Angin**

Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan udara antara tempat yang bertekanan tinggi ke tempat yang bertekanan rendah atau dari daerah dengan suhu rendah ke wilayah bersuhu yang lebih tinggi. (<http://digilib.petra.ac.id>, 2009)

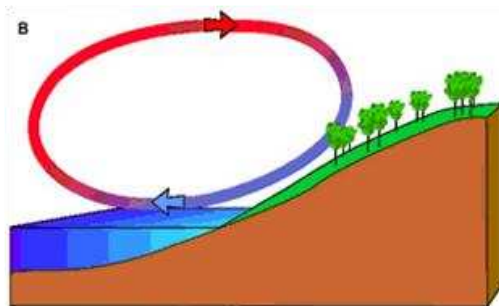
Daerah yang memiliki perairan yang luas seperti di pinggir pantai memiliki potensi angin yang baik dengan dua alasan :

1. Permukaan air lebih rata dari permukaan tanah, maka udara mengalir di permukaan air dengan gesekan yang kecil.
2. Pada siang hari terjadi angin laut, yaitu angin yang berhembus dari laut ke darat. Hal ini disebabkan panas yang diberikan matahari diserap oleh daratan dan air, lalu mengalami peningkatan *temperature*,

tetapi tanah lebih cepat mengalami peningkatan *temperature* dari pada air laut, sehingga tekanan di daratan lebih rendah daripada di laut. Sedangkan pada malam hari terjadi angin darat, dimana angin berhembus dari darat ke laut. Hal ini disebabkan daratan lebih cepat melepaskan panas, sedangkan air laut melepaskan panas yang masih tersimpan dalam air. Perubahan temperatur ini menyebabkan perubahan tekanan sehingga terjadi aliran udara. (Nugraha, Imam Fajri, 2010)



a. Angin Laut



b. Angin Darat

Gambar 1. Aliran Udara di Pantai Saat Siang dan Malam Hari

### Energi Angin

Energi angin merupakan energi yang dihasilkan oleh angin dan berasal dari dua penyebab utama yaitu :

1. Pemanasan udara atmosfer yang membangkitkan arus konveksi, dan
2. Gerakkan relatif udara atmosfer terhadap perputaran bumi.

### Turbin Angin

Turbin angin atau yang sering dikenal kincir angin merupakan turbin yang digerakkan oleh angin. Turbin angin pada awalnya dibuat untuk mengakomodasi kebutuhan para petani dalam melakukan penggilingan padi, keperluan irigasi, memompa air, dan menggiling jagung. Penggunaan turbin angin terus mengalami perkembangan guna memanfaatkan energi angin secara efektif, terutama pada daerah-daerah dengan aliran angin yang relatif tinggi sepanjang tahun, seperti Denmark, Belanda, dan negara-negara Eropa lainnya dan lebih dikenal dengan *windmill*.

Secara umum tempat-tempat yang baik untuk pemasangan turbin angin antara lain :

1. Celah diantara gunung karena secara tidak langsung celah gunung dapat berfungsi sebagai *nozzle* yang dapat mempercepat aliran angin,
2. Datar terbuka yang tidak terdapat objek-objek penghalang aliran angin, seperti daerah pantai, savana, gunung, dan lain sejenisnya, dan
3. Daerah pesisir pantai, hal ini disebabkan akibat perbedaan *temperature* di laut dan daratan menyebabkan angin bertiup secara *continue*.

(<http://digilib.petra.ac.id>, 2009)

### Jenis Turbin angin

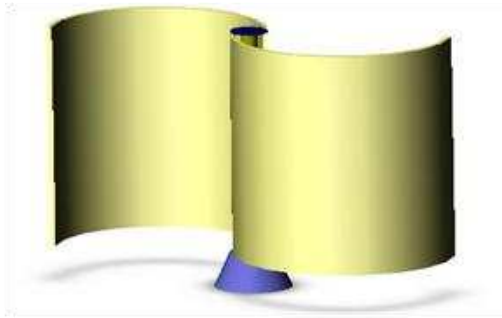
Turbin angin dibedakan menjadi dua jenis, yaitu turbin angin sumbu horizontal dan turbin angin sumbu vertikal:

1. Turbin angin sumbu horizontal (*horizontal axis wind turbine* atau hawt) merupakan turbin angin dimana sumbu putarnya sejajar dengan tanah. (Arwoko, 1999)



Gambar 2. Turbin Angin Sumbu Horizontal

2. Turbin angin sumbu vertikal (*vertical axis wind turbine* atau *vawt*) merupakan turbin angin dimana sumbu putarnya tegak lurus/vertikal dengan tanah. (Arwoko, 1999)



Gambar 3. Turbin Angin Sumbu Vertikal

#### Turbin Angin Tipe Savonius

Turbin angin tipe Savonius ditemukan oleh sarjana Finlandia bernama **Sigurd J. Savonius** (1922). Turbin yang termasuk dalam kategori VAWT ini memiliki sudu dengan bentuk setengah silinder. Prinsip kerjanya berdasarkan *differential drag windmill*.



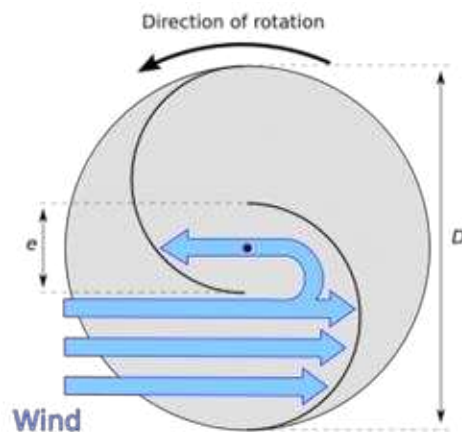
Gambar 4. Turbin Angin Tipe Savonius

#### Sistem Kerja Turbin Angin Savonius Tipe-U

Dalam mengkonversikan energi kinetik angin hingga berubah menjadi energi listrik melalui suatu proses sistem kerja yang sangat berurutan antara komponen-komponen turbin satu sama lainnya. Pada sistem kerja turbin angin Savonius tipe-u dapat diterangkan sistem kerjanya yaitu energi hembusan angin menghasilkan kecepatan angin yang bervariasi tiap saat nya, pada saat tertentu energi angin

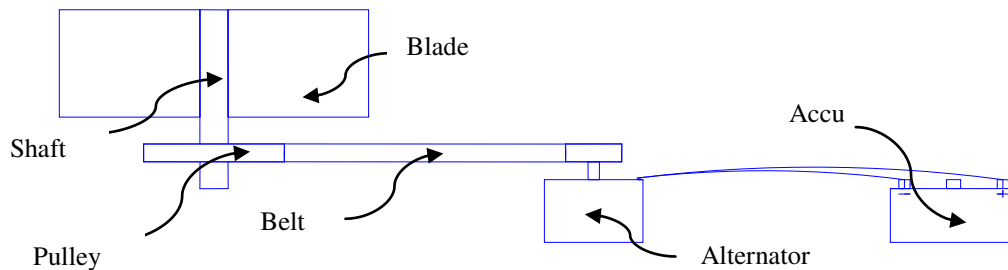
memiliki kecepatan angin yang besar misalnya sore hingga malam hari terutama pada daerah yang luas seperti lautan atau pinggir pantai.

Energi angin tersebut menghasilkan energi kinetik angin yang dapat mendorong penampang sudu-sudu turbin sehingga berputar dan menghasilkan momen inersia turbin sehingga menggerakkan poros turbin lalu memutar puli sehingga menghasilkan kecepatan putar puli pada poros, *belt* yang terhubung pada puli akhirnya berputar lalu memutar puli pada alternator sehingga menghasilkan kecepatan putar poros alternator, rotor yang terdapat pada poros alternator pun ikut berputar sehingga membangkitkan medan magnet yang kuat lalu menghasilkan energi listrik dengan tegangan maksimal sebesar 12 volt pada variasi kuat arus listrik. Apabila putaran poros alternator sangat kencang dan menghasilkan tegangan listrik keluaran yang besar maka regulator akan mengontrol tegangan keluaran alternator tersebut agar tetap 12 volt. Disebabkan kecepatan angin yang tidak selalu kencang maka diberi penyimpan energi listrik atau *accu* dengan tegangan 12 volt agar kebutuhan energi listrik tidak terganggu.



Gambar 5. Konsep Turbin Savonius

Daya yang dihasilkan pada poros turbin angin merupakan transformasi energi kinetik yang terdapat pada aliran angin. Aliran angin yang bergerak dengan kecepatan tertentu memiliki besaran energi kinetik yang dapat diserap oleh susunan *blade* dari turbin angin.



Gambar 6. Skema Sistem Kerja Turbin Angin Savonius Tipe-U

Secara matematis berapa besar energi kinetik yang terkandung pada massa udara yang bergerak adalah :

$$E_K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

Dimana volume aliran melewati luas penampang dengan kecepatan aliran tertentu sehingga secara matematis persamaan tersebut adalah :

$$\dot{V} = v \cdot A \quad (2)$$

Apabila luas penampang dianggap persegi panjang, maka:

$$A = r \cdot h \quad (3)$$

Kecepatan sudut putar turbin dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi N_1}{60} \quad (4)$$

Laju aliran massa udara dapat dihitung secara matematis menggunakan persamaan :

$$\dot{m} = \rho A v \quad (5)$$

Daya maksimal aliran angin secara matematis dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$P_w = \frac{\rho A v^3}{2} \quad (6)$$

Besar daya angin yang diperoleh dari

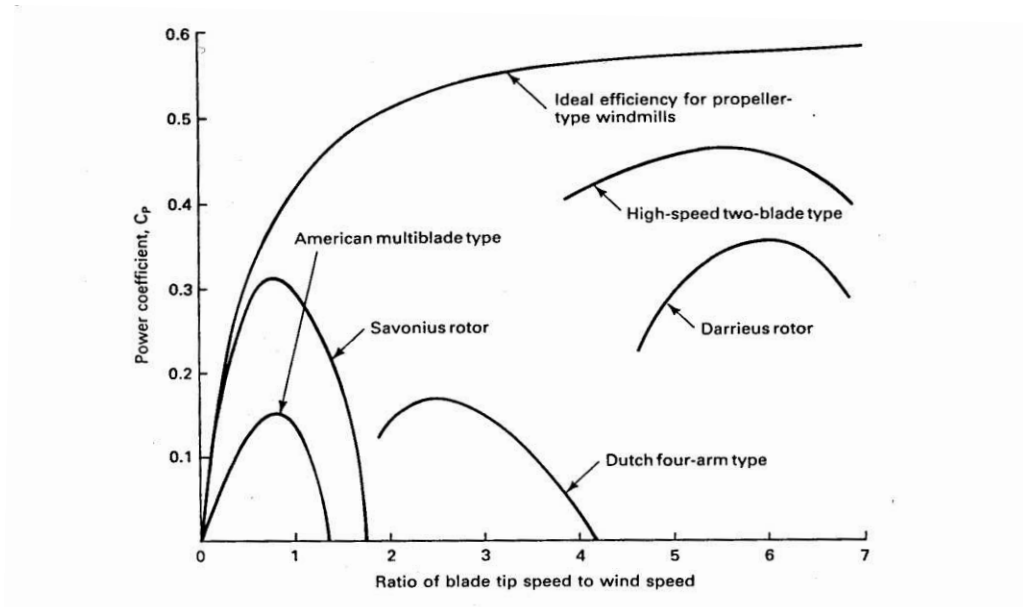
persamaan 6 merupakan daya murni maksimum yang dihasilkan oleh aliran angin. Sedangkan daya yang dapat dibangkitkan dari putaran turbin angin Savonius dapat dihitung melalui pendekatan **Teori Betz** seperti gambar 9. Berdasarkan **Teori Betz** yang divisualisasikan dalam bentuk grafik pada gambar 7, dijelaskan bahwa ketidakmungkinan suatu desain turbin angin yang memiliki *coefficient power* ( $C_p$ ) diatas angka 56%. Hal ini dapat diartikan bahwa desain turbin angin terbaik tipe apapun tidak akan menghasilkan efisiensi turbin diatas 56%. Suatu turbin angin tidak akan mampu menyerap seluruh energi kinetik yang berada dalam aliran angin, dan kapasitas penyerapan maksimal hanya 56%. Nilai efisiensi 56% juga sering disebut sebagai **Betz Limit**. (<http://digilib.petra.ac.id>, 2009)

Nilai  $C_p$  untuk satu tipe turbin angin tidak selalu sama karena nilai  $C_p$  merupakan fungsi dari *tip speed ratio*. Untuk mengetahui nilai  $C_p$  maksimal yang mampu dihasilkan oleh sebuah turbin angin, maka perlu diketahui terlebih dahulu berapa nilai *tip speed ratio* yang dihasilkan. (<http://digilib.petra.ac.id>, 2009)

Secara matematis *tip speed ratio* dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$X = \frac{\omega r}{v} \quad (7)$$

Setelah diketahuinya nilai *tip speed ratio*, selanjutnya tarik suatu garis lurus vertikal pada gambar 9 untuk mengetahui berapa nilai  $C_p$  maksimum.



Gambar 7. Typical Performances Of Wind Machines  
Sumber : Wind Energy Systems by Dr. Gary L. Johnson

Daya teoritis maksimum dari turbin angin tersebut dapat diketahui secara matematis dihitung menggunakan persamaan :

$$P_t = \frac{1}{2} \cdot A \cdot C_p \cdot \rho \cdot v^3 \quad (8)$$

Koefisien daya atau *coeffisien power* dapat dihitung pula secara matematis menggunakan persamaan :

$$C_p = \frac{P_t}{P_w} \quad (9)$$

Sehingga,

$$P_t = C_p \times P_w \quad (10)$$

Daya listrik secara matematis dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$P_e = V \cdot I \quad (11)$$

Tinggi turbin secara matematis dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$h = \frac{A}{d} \quad (12)$$

Persamaan kecepatan turbin didapat dari **Teori Betz** untuk turbin vertikal, secara matematis dapat dihitung menggunakan persamaan :

$$v_t = \frac{2 \cdot A \cdot v \pm v \sqrt{6d^2 - 3d^2}}{3d} \quad (13)$$

Mengasumsikan nilai  $A = 1.5 d^2$  didapat persamaan :

$$v_t = \frac{3d^2 \cdot v \pm v \sqrt{6d^2 - 3d^2}}{3d} \quad (14)$$

$$v_t = d \cdot v \pm \frac{1}{3} v \sqrt{6d^2 - 3} \quad (15)$$

$$v_t = 2r \cdot v \pm \frac{1}{3} v \sqrt{24r^2 - 3} \quad (16)$$

Nilai  $v_t$  optimum diperoleh jika  $24r^2 - 3 = 0$ , maka diperoleh harga  $r$  sebesar 0.35 m

$$24r^2 = 3$$

$$r = \sqrt{\frac{3}{24}}$$

$r = 0.35$  m adalah nilai jari-jari optimum pada

pemisalan  $A = 1.5 d^2$

Maka menjadi :

$$v_t = 2r \times v \quad (17)$$

(Reksoatmojo, 2004)

Dengan memasukan data pada program turbin angin (seperti tampak pada Gambar 14), yaitu : daya listrik keluaran sebesar 100 watt, tegangan listrik keluaran sebesar 12 volt, kecepatan angin sebesar 8 m/s, koefisien daya 0,50, diameter poros 0,5 inch, kuat arus maksimal sebesar 40 ampere, diharapkan terpenuhi kecepatan putar puli pada alternator minimal 300 rpm dan kecepatan putar puli pada poros minimal 100 rpm, maka akan diperoleh hasil seperti tampak pada

Setelah dimasukkan semua data-data tersebut, selanjutnya akan didapatkan hasil data keluaran seperti pada gambar 30 yakni lebar turbin 0.61481 meter, jari-jari turbin 0.53476 meter, daya turbin keluaran sebesar 50.5418 watt, dan daya angin keluaran sebesar 101.0836 watt. Data-data keluaran tersebut dihasilkan dari asumsi besar kecepatan angin ialah 8 m/s yang didapatkan pada pengukuran awal dilokasi pemasangan turbin angin tersebut. Namun pada kenyataannya besar kecepatan angin akan selalu berubah tiap saat, sehingga perlu dilakukan perhitungan dengan mengasumsikan kecepatan angin yang bervariasi tetapi parameter lainnya tetap, seperti : besar daya listrik kebutuhan 100 watt, tegangan listrik 12 volt, koefisien daya 0.50, dan kuat arus listrik 40 ampere, sehingga didapatkan data keluaran seperti pada tabel 1.

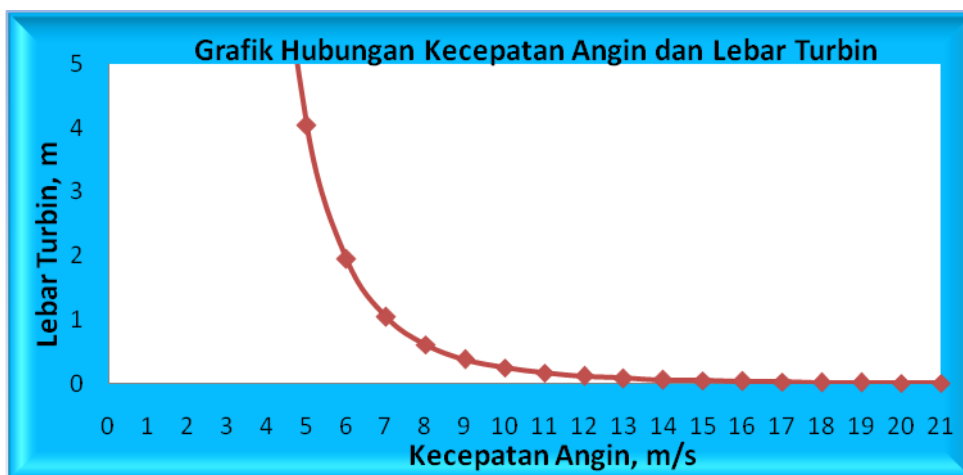
Berdasarkan tabel 1 terlihat bahwa kecepatan angin yang diterima turbin berbanding lurus dengan besar jari-jari turbin dan berbanding terbalik dengan lebar turbin dan luas penampang sudu turbin. Semakin besar kecepatan angin yang diterima sudu turbin maka jari-jari turbin semakin besar tetapi lebar dan luas penampang sudu turbin semakin kecil.

Tabel 1. Data Keluaran dengan Variasi Kecepatan Angin

v (m/s)	H (m)	r (m)	A (m <sup>2</sup> )
21	0.01295	1.40375	0.01818
20	0.01574	1.33690	0.02104
19	0.01932	1.27006	0.02454
18	0.02399	1.20321	0.02886
17	0.03015	1.13637	0.03426
16	0.03843	1.06952	0.04110
15	0.04974	1.00268	0.04988
14	0.06555	0.93583	0.06135
13	0.08817	0.86899	0.07662
12	0.12144	0.80214	0.09741
11	0.17200	0.73530	0.12647
10	0.25182	0.66845	0.16833
9	0.38382	0.60161	0.23091
8	0.61481	0.53476	0.32877
7	1.04883	0.46792	0.49077
6	1.94309	0.40107	0.77932
5	4.02920	0.33423	1.34666
4	9.83691	0.26738	2.63019
3	31.08948	0.20054	6.23454
2	157.39049	0.13369	21.04156
1	2518.24789	0.06685	168.33247



Gambar 8 . Grafik Hubungan Antara Kecepatan Angin, dan Jari-Jari Turbin.



Gambar 9 . Grafik Hubungan Antara Kecepatan Angin, dan Lebar Turbin.

Gambar 8 adalah grafik hubungan kecepatan angin dan jari-jari turbin. Pada grafik dapat dilihat bahwa jika semakin besar kecepatan angin yang diterima oleh sudu-sudu turbin maka semakin besar jari-jari turbin yang dibutuhkan.

Sedangkan gambar 9 adalah grafik hubungan kecepatan angin dan lebar turbin. Dari gambar dapat disimpulkan yaitu jika semakin besar kecepatan angin maka semakin rendah lebar turbin.

Berdasarkan tabel 1, gambar 8, dan gambar 9 terlihat jika kecepatan angin lebih rendah dari 5 m/s maka lebar turbin yang dihasilkan terlalu besar yakni lebih dari 5

meter dan jika kecepatan angin lebih besar dari 8 m/s maka lebar turbin yang dihasilkan terlalu kecil yakni kurang dari 62 cm. tampak bahwa ukuran tersebut kurang proporsional, maka program turbin angin tersebut diberi batasan untuk kecepatan angin antara 5- 8 m/s.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arismunandar, Wiranto. 2004. *Penggerak Mula Turbin*. ITB. Bandung.
- [2] Arwoko, Heru. 1999. *Disain Turbin Angin*. Departemen MIPA UBAYA. 4 hlm.
- [3] Away, Gunaidi Abdia. 2006. *Matlab*

- Programming*. Informatika. Bandung.
- [4] Nugraha, Imam Fajri. 2010. *Pembuatan dan Studi Kelayakan Ekonomi Prototype Turbin Angin Tipe Helix Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- [5] Percival, M.C, dkk. *The Development Of A Vertical Turbine For Domestic Electricity Generation*. University of Northumbria. Newcastle. 10 hlm.
- [6] Reksoatmodjo, Tedjo Narsoyo. 2004. *Vertical-Axis Differential Drag Windmill*. Universitas Jenderal Achmad Yani (UNJANI). 6 hlm.
- [7] Setiono, Puji. 2006. *Pemanfaatan Alternator Mobil Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Universitas Negeri Semarang. 51 hlm
- [8] \_\_\_\_\_, 2009. <http://digilib.petra.ac.id>
- [9] \_\_\_\_\_, 2010. *Turbin Angin*. Wikipedia Bahasa Indonesia. Ensiklopedia Bebas. [http://id.wikipedia.org/wiki/turbin\\_angin](http://id.wikipedia.org/wiki/turbin_angin). 18-04-2010. 17.35 wib. 5 hlm.
- [10] \_\_\_\_\_, *Energi Angin*. Fisika Energi. <http://elearning.gunadarma.ac.id>. Bab 6. 12 hlm.
- [11] \_\_\_\_\_, *Sumber-Sumber Tenaga Diperbaharu yang Lain*. Cetree. Buku Sumber Guru. Bab 5.



